



Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och
jordbruksvetenskap (NJ)

Kan vandrarmusslan (*Dreissena polymorpha*) gynnas för att motverka övergödningssymptom i Vallentunasjön?

Could the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) be benefited to counteract eutrophication symptoms in Lake Vallentunasjön?

Charlotte Hessulf

Kan vandrarmusslan (*Dreissena polymorpha*) gynnas för att motverka övergödningssymptom i Vallentunasjön?

Could the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) be benefited to counteract eutrophication symptoms in Lake Vallentunasjön?

Charlotte Hessulf

Handledare: Henrik Ragnarsson Stabo, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
Handledare: Andreas Bryhn, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser
Examinator: Erik Petersson, Sveriges lantbruksuniversitet, Institutionen för akvatiska resurser

Omfattning: 15 hp
Nivå och fördjupning: G2E Grundläggande, Biologi
Kurstitel: Självständigt arbete i biologi
Kurskod: EX0689

Utgivningsort: Uppsala
Utgivningsår: 2016
Omslagsbild: Charlotte Hessulf
Elektronisk publicering: <http://stud.epsilon.slu.se>

Nyckelord: vandrarmussla, *Dreissena polymorpha*, övergödning, sjö,

Sveriges lantbruksuniversitet
Swedish University of Agricultural Sciences

Fakulteten för naturresurser och jordbruksvetenskap, Institutionen för akvatiska resurser, Sötvattenslaboratoriet

Sammanfattning

Denna studie undersöker möjligheter och risker med att använda vandrarmusslan (*Dreissena polymorpha*) som ett verktyg för att minska effekterna av övergödning i Vallentunasjön. Studien söker svar på tre huvudsakliga frågor:

- 1) Har vandrarmusslan potential att minska effekterna av övergödning i sjöar generellt?
- 2) Skulle det vara möjligt för vandrarmusslor att minska effekterna av övergödning i Vallentunasjön, och hur skulle det kunna gynnas?
- 3) Vilka risker finns det med att gynna vandrarmusslan i Vallentunasjön?

Vandrarmusslan påträffades i Sverige första gången på 1920-talet. Den är en invasiv art som ursprungligen kommer från ett område kring Kaspiska havet och har spridits till många delar av Europa och på senare tid Nordamerika. Genom dess förmåga att snabbt föröka och sprida sig kan vandrarmusslan etablera mycket täta kolonier i områden den introduceras till. När den väl har etablerat sig kan vandrarmusslan förändra ett invaderat ekosystem på flera sätt. Den har en hög filtreringskapacitet och kan öka vattnets siktdjup, men är också associerad med ett flertal risker såsom oönskad påväxt på hårda underlag som vattenledningar och bryggor.

Vallentunasjön är en mycket övergödd sjö där vandrarmusslan finns sedan en tid tillbaka men inte orsakar några större problem i nuläget. Ett antal faktorer begränsar vandrarmusslans invasiva framgång i Vallentunasjön; främst bristen på hårda underlag. Genom vandrarmusslans förmåga att öka siktdjup och dess begränsade nuvarande utbredning i Vallentunasjön skulle det kunna vara gynnsamt att använda den som ett verktyg för att minska effekterna av övergödning i sjön.

Störst potential för odling av vandrarmussla i Vallentunasjön finns i odling på konstgjorda underlag eftersom sjöns bottnar övervägande är mjuka och passar därför inte vandrarmusslan. Genom ett antal förebyggande åtgärder i samband med odlingen skulle det kunna vara möjligt att både gynna vandrarmusslans etablering på dessa konstgjorda substrat men samtidigt förebygga oönskad spridning i sjön med och de risker det skulle medföra.

Abstract

This study explores the potential possibilities and risks associated with using zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) as a tool to decrease the effects of eutrophication in Lake Vallentunasjön, Sweden. The study aims to answer three primary questions:

- 1) Does the zebra mussel have the potential to decrease the effects of eutrophication in lakes in general?
- 2) Would it be possible for zebra mussels to decrease eutrophication effects in Lake Vallentunasjön, and if so, how could that be promoted?
- 3) What risks are associated with benefiting the zebra mussel in Lake Vallentunasjön?

The zebra mussel was first found in Sweden in the 1920s. It is an invasive species originating from an area around the Caspian Sea and has spread to many parts of Europe and in more recent times also to North America. Having the capacity to both reproduce and spread rapidly, the zebra mussel is known to establish very dense colonies in areas where it has been introduced. Once established, the zebra mussel may alter an invaded ecosystem in several ways. It is known to have a high filtering capacity and the ability increase water clarity, but is also associated with several risks such as unwanted fouling of hard substrates, e.g. water pipes and piers.

Lake Vallentunasjön is a highly eutrophicated lake where the zebra mussel has been present for some time but is not regarded to be a nuisance or causing problems. Several factors seem to be limiting the invasion success of the zebra mussel in Lake Vallentunasjön, among the most important is the lack of hard substrates. Due to the zebra mussel's ability to increase water clarity and its limited current distribution in Lake Vallentunasjön, it may be suitable as a tool to reduce some of the effects of eutrophication in the lake.

There is potential for cultivating the zebra mussel in Lake Vallentunasjön for restoration purposes. The bottom substrates of the lake are soft, so artificial substrates would be necessary as well as specific and pro-active measures to promote the zebra mussels' success on the artificial substrates but reduce the risks of it spreading to unwanted parts of the lake.

Innehållsförteckning

1. Inledning och bakgrund	6
1.1 Vallentunasjön idag	6
1.2 Reduktionsfiske och dess effekter i Vallentunasjön	7
1.3 Behov av kompletterande åtgärder	9
1.4 Frågeställningar	10
2. Vandarmusslans effekt på övergödning	11
2.1 Kort om vandarmusslan som art	11
2.2 Filtrerande funktion och kapacitet	11
2.3 Bedömning av vandarmusslans effekt på övergödning	12
3. Möjligheten för vandarmusslan i Vallentunasjön att minska övergödningen	13
3.1 Faktorer som påverkar vandarmusslans utbredning	13
3.2 Sjöns förutsättningar och ekologi	14
3.3 Vandarmusslans nuvarande förekomst i Vallentunasjön	15
3.4 Bedömning av vandarmusslans möjligheter till utbredning och potential att utföra filtrerande ekosystemtjänster i Vallentunasjön	15
4. Risker med utbredning av vandarmussla i Vallentunasjön	18
5. Diskussion och slutsatser	20
6. Tack	22
7. Referenser	22

1. Inledning och bakgrund

Vallentunasjön är en tätortsnära sjö som tillhör kommunerna Täby och Vallentuna. Sjön är sedan länge kraftigt övergödd (Boström et al. 1989) och har otillfredsställande ekologisk status på grund av mycket höga halter av näringsämnen, främst fosfor. Vallentunasjöns status vad gäller förurning bedöms vara god, och detsamma gäller miljögifter med undantag för kvicksilver (VISS 2015).

Kommunerna Täby och Vallentuna har ett gemensamt mål att återställa sjön till att ha en god vattenkvalitet och göra den attraktiv för bad och rekreation.

Orsakerna till den kraftiga övergödningen är historiskt sett främst bristande avloppsvattenbehandling, ineffektiva enskilda avlopp och tillrinning från omgivande jordbruk och marker. Trots att man har arbetat med att begränsa tillförseln av nya näringsämnen till sjön fortsätter övergödningen att vara omfattande. (Boström et al. 1989)

1.1 Vallentunasjön idag

Sedan 2009 arbetar kommunerna i samarbete med en extern konsultbyrå, Norconsult, med så kallad biomanipulation genom reduktionsfiske. Metoden går ut på att man genom att intensivt fiska ut djurplanktonätande arter ur en sjö kan skapa förändringar i ekosystemet som leder till att mängden djurplankton ökar och mängden växtplankton då minskar. Därmed kan vattnet bli klarare (ökat siktdjup). Metoden kan vara mycket effektiv men resultatet kan variera mycket från sjö till sjö vilket både beror på sjöns egenskaper och förutsättningar och på hur fisket bedrivs (Bernes et al. 2015).

Trots de senaste årens arbete med reduktionsfiske är Vallentunasjön fortfarande en mycket övergödd sjö. Det största problemet är alltför höga halter av fosfor och en mycket stor mängd partiklar i vattenmassan. Partiklarna bedöms både bestå av levande eller dött organiskt material och löst sediment från sjöbotten. Växtplankton finns i rikliga mängder, framför allt under sommaren. Eftersom sjön är grund behövs det heller inte särskilt kraftiga vindar för att sätta vattnet i rörelse och sediment och material från sjöbotten rörs upp och återförs då till vattenmassan. Därmed sker kontinuerligt och med olika omfattning under året, mycket starkt väderberoende, ett internt tillskott av både näringsämnen och partiklar (Gustafsson et al. 2015).

Sjön har även en mycket riklig förekomst av bottenlevande och på botten födosökande fisk så som mört, braxen och ål. Dessa kan i viss mån också bidra till att bottenmaterialet rörs upp och ytterligare partiklar och näringsämnen återförs till vattnet.

Även själva fisket i sig kan bidra till resuspension (uppgrumling) från botten, eftersom det skapar rörelser i vattnet.

På grund av övergödningen är förekomsten av undervattensvegetation begränsad, eftersom dessa behöver bättre tillgång till ljus (större siktdjup) än sjön idag kan erbjuda. Det är önskvärt att vattenväxter etablerar sig eftersom dessa bidrar med många viktiga faktorer som kan minska effekterna av övergödning (van Donk och van de Bund 2002). Växterna har förmåga att förhindra resuspension av partiklar inklusive näringsämnen från sjöbotten, bland annat genom att minska störningar från vind och vågor (Gulati och van Donk 2002). Vattenväxter med blad kan även erbjuda skydd för djurplankton vilket är önskvärt eftersom dessa betar växtplankton (Cazzanelli et al. 2008).

Sammantaget finns det med andra ord ett flertal faktorer som bidrar till att Vallentunasjön är och fortsätter att vara mycket övergödd. Det krävs stora insatser för att få en så näringsrik sjö att återgå till ett mindre näringsrikt läge, och för att sedan dessutom stanna där och inte gå tillbaka mot att bli för näringsrikt igen.

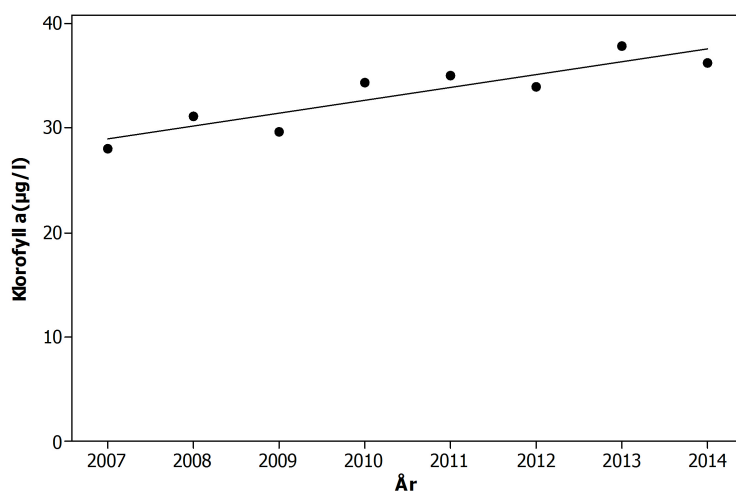
Trots de senaste fem årens satsningar och löpande arbete med reduktionsfiske för ett par miljoner kronor årligen uppvisar Vallentunasjön inga egentliga förbättringar, varken vad gäller siktdjup eller algblomningar (Claudia von Brömssen, pers. komm.). Man bör därför, utöver att ytterligare kartlägga och minska den externa belastningen av näringsämnen till sjön, även utreda och överväga kompletterande metoder till reduktionsfisket.

1.2 Reduktionsfiske och dess effekter i Vallentunasjön

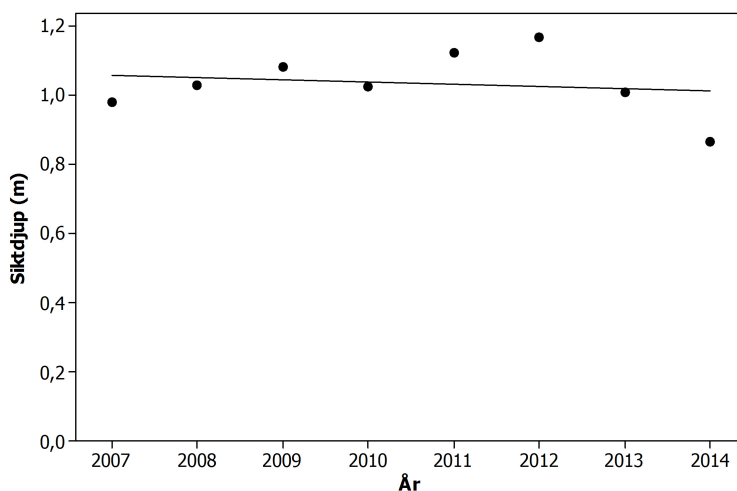
En systematisk utvärdering från Mistras råd för evidensbaserad forskning fastställer att reduktionsfiske kan vara ett effektivt sätt att minska algblomningar och uppnå positiva effekter vid restaurering av övergödda sjöar. Ett flertal faktorer påverkar dock resultatet, bland annat intensiteten på fisket, sjöns storlek och biologiska faktorer i sjön. Störst effekter observerades vid ett stort uttag av fisk, i sjöar av mindre storlek och i sjöar med höga fosforhalter (Bernes et al. 2015).

Reduktionsfisket i Vallentunasjön bedrivs sedan 2010, med inledande provfiske 2009. Det externa konsultföretaget Norconsult leder, planerar och levererar tjänsten på uppdrag och i samarbete med Vallentuna och Täby kommun. Förvaltarna har lyckats uppnå en god förankring av fisket hos lokala fiskerättsägare, markägare och allmänhet (Björn Tengelin, pers. komm.). Fisket har skett med varierande metoder och intensitet sedan starten 2010. I dagsläget är det en båt som fiskar två gånger i veckan med hjälp av trålning. Man tar endast ut vitfisk, vilket främst innebär karpfiskar såsom mört och braxen. Stora mängder ål följer med som bifångst, vilka släpps tillbaka tillsammans med eventuella rovfiskar (Tengelin 2015).

Trots dessa åtgärder genom reduktionsfiske i Vallentunasjön har dock inga förbättringar observerats av nyckelfaktorerna för övergödningssymptom. Siktdjupet har inte förbättrats, mängden växtplankton och partiklar i vattenmassan har inte minskat, och förekomsten av djurplankton har inte ökat. (Claudia von Brömssen, pers. komm.; se figur 1-2). Orsakerna till detta bedöms främst vara att eventuella resultat av fisket överskuggas av den interna belastningen av fosfor från sedimenten, samt att det finns potential att ytterligare minska den externa tillförseln från omgivande jordbruk och hästgårdar (Tengelin 2015).



Figur 1. Halter av klorofyll a åren 2007-2014
(Naturvatten och Biostokastikum, opublicerade data)



Figur 2. Siktdjup åren 2007-2014
(Naturvatten och Biostokastikum, opublicerade data)

1.3 Behov av kompletterande åtgärder

Baserat på den bristande effekten av reduktionsfisket behöver förvaltarna framför allt utreda och tillämpa åtgärder för att minska den externa belastningen ytterligare, men även hitta sätt att hantera de näringsämnen och partiklar som redan är i cirkulation i sjön. Kompletterande metoder till reduktionsfisket bör utredas och övervägas.

Vid tidigare förarbete och utredningar av vilka metoder som kan vara aktuella att använda för att minska effekterna av övergödningen i Vallentunasjön har det blivit tydligt från de lokala fiskerättsägarna att mekaniska och kemiska behandlingar som utgör allt för stort intrång på vattenmiljön inte är aktuella. Metoder som räknas dit är till exempel muddring, kemisk fällning och sedimentbehandling. (Björn Tengelin, pers. komm.)

Detta innebär att det återstår metoder som inte riskerar att alltför negativt permanent förändra förutsättningarna för framförallt fisket i sjön. En metod som kan ha potential att förbättra vattenkvaliteten utan att göra alltför stora intrång på befintligt djurliv är att använda sig av reglerande ekosystemtjänster från filtrerande musslor. I havsmiljöer har man använt blåmusslan till detta (Lindahl et al. 2005), och i sötvatten finns en stor vattenrenande potential hos den invasiva arten vandrarmussla, som förekommer i Vallentunasjön. Det är inte känt exakt när vandrarmusslan etablerades i Vallentunasjön. Arten är främmande för Sverige men har förekommit i Mälaren sedan 1920-talet, och därefter spridit sig till ett flertal närliggande vattendrag och sjöar och på senare tid även till Östersjön. Det är mycket viktigt att inte införa arten till nya vattendrag, men på platser där den redan har etablerat sig finns det ett flertal exempel på den vattenrenande effekt den kan ha. (Hallstan et al. 2010) Vandrarmusslan har förmågan att snabbt bilda stora kolonier och filtrera stora mängder vatten. I och med detta har den potential att förändra sin omgivning; vandrarmusslan kan ge ett klarare vatten med mindre omfattande algbloomningar (Higgins et al. 2010, Gulati et al. 2008), men kan också orsaka oönskade effekter på ekosystem. I Nordamerika orsakar masskolonier av vandrarmusslan stora problem och ekonomiska förluster genom att täppa igen rörledningar i sjöar. (Casagrandi et al. 2007) I Vallentunasjön finns rörledningar som ansluter till sjön. Vilka effekter vandrarmusslan får på sin omgivning är starkt beroende på förutsättningarna på just den platsen. En god kännedom om Vallentunasjöns förutsättningar och egenskaper är därför avgörande vid eventuell försök med vandrarmusslan som vattenrenare.

1.4 Frågeställningar

Denna studie syftar till att kartlägga vandrarmusslans möjligheter att minska effekterna av övergödning i sjöar generellt, samt huruvida det vore möjligt och/eller lämpligt att gynna vandrarmusslan i Vallentunasjön för att kunna dra nytta av dess ekosystemtjänster för att uppnå ett klarare vatten. De frågeställningar studien syftar till att besvara är:

- 1) Finns det belägg för att vandrarmusslan kan minska effekterna av övergödning i sjöar?
- 2) Skulle det vara möjligt för vandrarmusslan i Vallentunasjön att utföra dessa tjänster, och hur kan musslan i så fall gynnas?
- 3) Vilka risker finns med att gynna vandrarmusslan i Vallentunasjön?

2. Vandrarmusslans effekt på övergödning

2.1 Kort om vandrarmusslan som art

Vandrarmusslan, *Dreissena polymorpha*, härstammar ursprungligen från området kring Svarta havet, Kaspiska havet och Aralsjön. Arten har spridit sig till bland annat norra och västra Europa genom transportkanaler och är en främmande art. Vandrarmusslan koloniserar främst vattendrag och sjöar med sötvatten, men klarar också en viss salthalt och finns i bräckt vatten, till exempel i delar av Östersjön. Arten föredrar och kräver i viss mån fasta substrat att fästa på, så som klippor eller undervattensväxter. Vandrarmusslan producerar stora mängder larver som till en början är frisimmande. Detta medför möjlighet till snabb och effektiv spridning (Birnbaum 2011).

2.2 Filtrerande funktion och kapacitet

Vandrarmusslan är en mycket effektiv filtrerare som i ett flertal studier har uppvisat stor potential och förmåga att filtrera stora mängder vatten och ta upp olika typer av partiklar. Musslan filtrerar genom att selektivt ta upp partiklar ur vattenmassan, och kan göra sig av med oönskade partiklar i så kallad pseudofeces som återförs till vattnet. Växtplankton av mindre storlek verkar föredras, men även större växtplankton och cyanobakterier kan under vissa förhållanden tas upp. Arten verkar vara en generalist och äter vad som finns. Vandrarmusslans upptag av kväve och fosfor har studerats av bland andra Goedkoop et al. (2011) i Ekoln, en vik till Mälaren. I studien fann man att odlingar av så kallad långlinetyp, där musslorna koloniserar vertikala rep i vattenmassan, hade god förmåga att ta upp både kväve och fosfor. Resultaten tyder på att vandrarmusslorna i Ekoln utgör en betydande del av sjöns näringsbudget. Goedkoop et al. (2011) argumenterade att musslorna är så effektiva på att ta upp näringsämnen att de utför en ekosystemtjänst i sjön som kan användas för öka vattenkvalitén. Artikelförfattarna föreslår att odling av vandrarmusslan enligt denna princip, framför allt i vattendrag med låg föroreningshalt, skulle kunna utföras av gårdar/lantbruk i anslutning till sjöar där musslan redan förekommer.

2.3 Bedömning av vandrarmusslans effekt på övergödning

Vandrarmusslan har en mycket stark förmåga att förändra ekosystem, så pass att vissa forskare kallar den för "ekosystemingenjör" (Karatayev et al. 2015)

Vandrarmusslans påverkan på siktdjup

Ett flertal studier av sjöar före och efter invasion av vandrarmussla tyder på att siktdjupet i många av sjöarna ökat och den totala mängden växtplankton minskat. Resultat från ett flertal studier av sjöar i Nordamerika visar att siktdjupet ökade i nästan alla ekosystem som invaderats av vandrarmusslan genom att växtplankton och suspenderat material minskade (Higgins et al. 2010) och att mängden klorofyll kunde vara 40-45 % lägre efter invasionen (Higgins et al. 2011). Även resultat från Raikow et al. (2004) visar att sjöar med vandrarmussla uppvisar lägre total biomassa av växtplankton. Gulati et al. (2008) drar slutsatsen att vandrarmusslan kan vara ett bra komplement till djurplankton för att minska mängden växtplankton i grunda, övergödda sjöar.

Vandrarmusslans påverkan på näringsämnen

Som tidigare nämnts har Goedkoop et al. (2011) undersökt vilken roll vandrarmusslorna har i sjön Ekoln och menar att vandrarmusslan där spelar en kvantitativt stor roll i sjöns näringsbudget. Ett flertal studier tyder på att vandrarmusslan påverkar förhållandet mellan kväve och fosfor i vattnet. Bykova et al. (2006) fick i mesokosmstudier resultatet att halter av kväve minskade i vatten med vandrarmussla, medan halter av fosfor i stort sett lämnades oförändrade. En studie av Cha et al. (2013) på 25 sjöar i Nordamerika visade att den totala mängden fosfor ofta, men inte alltid, minskade i sjöar efter invasion av vandrarmussla.

3. Möjligheten för vandrarmusslan i Vallentunasjön att minska övergödningen

3.1 Faktorer som påverkar vandrarmusslans utbredning

Vilka faktorer som påverkar vandrarmusslans förmåga att etablera sig i ett område har undersökts och utvärderats i ett flertal studier (bland annat av Karatayev et al. 2015, Naddafi et al. 2011, Hallstan et al. 2010, Burlakova et al. 2006 och Bially et al. 2000).

Karatayev et al. (2015) lyfter fram närhet till redan invaderade vattendrag som den största riskfaktorn för invasion av vandrarmusslan till ett nytt vattendrag. Därefter följde enligt studien faktorerna ytarea, vattenfärg, medeldjup och koncentration av klor, magnesium och bikarbonat. Artikelförfattarna lyfter även fram att de flesta studier visar att pH och kalcium är bland de faktorer som allra mest påverkar vandrarmusslans förmåga att etablera livskraftiga populationer. Karatayev et al. (2015) drar även slutsatsen att näringsrika sjöar eller sjöar med mer löst organiskt material har lägre risk för kolonisering av vandrarmussla.

Naddafi et al. (2011) undersökte både nordamerikanska och europeiska sjöar och drog slutsatsen i sin studie att den kombinerade effekten av ytarea, total fosformängd och kalciumkoncentration förklarade en stor del av variationen i densitet hos vandrarmusslan. Resultaten tyder på att framgången för främmande arter i ett område delvis kan förklaras av fysikaliska och kemiska egenskaper i det området. Hög fosforkoncentration sågs i studien vara associerat med lägre förekomst av vandrarmussla. Kalcium gav inte ensamt någon tydlig indikation, men kalciumhalt i kombination med andra faktorer tycktes i studien indikera vissa samband i enlighet med tidigare resultat från Ramcharan et al. (1992) som antytt att sjöar med låg fosforhalt och hög kalciumhalt är troligare att ha en högre täthet av vandrarmussla.

Hallstan et al. (2010) undersökte endast sjöar i Sverige, med syfte att kartlägga och bedöma artens potentiella spridning. Man fann att pH och koncentration av magnesium var de tydligaste indikatorerna på förekomst av vandrarmussla i de studerade vattendragen. Vad gäller pH fann studien att vandrarmusslor bara förekom i sjöar med ett pH på minst 7.5 eller högre, men att det även fanns sjöar med så högt pH som 7.8 som saknade förekomst av vandrarmusslor. Magnesium befanns ha en starkare påverkan på förekomst av vandrarmusslan än kalcium, vilket kan bero på att magnesium spelar en viktig roll i bildandet av dess skal. Hallstan et al. (2010) drog slutsatsen att magnesium kan vara en begränsande faktor i fysiologin och skalproduktionen hos vandrarmussla. Resultat från Karatayev et al. (2015) styrker

indikationerna på att magnesium var associerat med högre förekomst av vandrarmussla.

Burlakova et al. (2006) undersökte tre sjöar i Vitryssland som invaderats av vandrarmusslan. Sjöarna hade olika trofisk status och studien följde i dessa hur förekomsten av vandrarmussla förändrades över tid efter den första introduktionen. Resultaten från denna studie indikerar att förekomsten av lämpligt fästesubstrat kan vara en begränsande faktor som påverkar förekomsten av vandrarmussla. Studien fann att två sjöar med liknande eutrof status skiljde sig åt vad gäller förekomst av vandrarmussla, både sjöarna sinsemellan och inom varje sjö. Lokal tillgång på fästesubstrat hade stor påverkan på mängden musslor och artikelförfattarna för fram att det därför är viktigt vid provtagning i sjöar ta prover i hela sjön. Burlakova et al. (2006) lyfte även fram att musslorna själva skapar nya fästesubstrat i och med att musselskal från döda musslor kan koloniserar.

Bially et al. (2000) argumenterade att fysiska störningar genom vindar och vågor minskar vandrarmusslans etableringsförmåga. Störst effekter får störningarna på grunda vatten och där musslorna sitter på mjukare substrat.

3.2 Sjös förutsättningar och ekologi

Trots att Vallentunasjön är en av Sveriges mest undersökta sjöar finns begränsningar i kunskaper om sjön, särskilt med avseende på bottenfauna där vandrarmussla ingår. Andra egenskaper hos sjön är bättre kända. Enligt en inventering från Oxunda vattensamverkan 2006 är de vanligast förekommande bottensubstraten grovdetrus, sten och lera. Sjön hade vid tiden för inventeringen 28 bryggor och två småbåtshamnar (Oxunda vattenvård 2009).

Sjön har en yta på 587 hektar och är till stora delar mycket grund. Medeldjupet är 2,4 meter och maxdjupet 6 meter. Vallentunasjön tillhör Mälaren-Norrströms avrinningsområde, men har förbindelse med ett flertal vattendrag både upp- och nedströms. Vattenväxter förekommer i måttlig utsträckning. (VISS 2015).

Vallentunasjön har rikligt med fisk, främst benlöja, mört, björkna, braxen, abborre, gers och gös. Det förekommer även rikliga mängder ål.

De största problemen kopplat till övergödning i sjön har att göra med kraftig förekomst av växtplankton, vilket ger algblomningar och orsakar mycket grumligt vatten.

Förvaltarna eftersträvar en ökning av mängden djurplankton för att öka trycket och betningen på växtplankton. De senaste åren kan dock inte uppvisa någon tydlig förbättring av detta.

Vallentunasjöns bottenfauna har enligt uppgift inte inventerats (Sören Edfjäll, pers. komm.), men vissa närliggande vattendrag har inventerats vad gäller bland annat stormusslor, där vandrarmusslor ingår. I dessa inventeringar har ett flertal arter av stormusslor påträffats, däribland även rödlistade arter som är skyddsvärda (Oxunda vattenvård 2006).

Det finns anledning att tro att andra stormusslor än vandrarmussla kan förekomma i Vallentunasjön, även om sjöns övergödda status påverkar förutsättningarna för etablering negativt. Vi vet med säkerhet att den invasiva vandrarmusslan finns i sjön, men den bedöms i nuläget inte orsaka problem så som påväxt på bryggor, badklippor och rörledningar.

3.3 Vandrarmusslans nuvarande förekomst i Vallentunasjön

Det har som sagt inte gjorts några inventeringar av musslor i Vallentunasjön, men vandrarmusslan har påträffats ett flertal gånger och har med säkerhet etablerat sig i sjön. I samband med provtrålningar inför reduktionsfisket påträffades arten (Tengelin 2010). Vallentunasjön förmodas vara en av artens nordligare förekomster både i Sverige och världen.

3.4 Bedömning av vandrarmusslans möjligheter till utbredning och potential att utföra filtrerande ekosystemtjänster i Vallentunasjön

Vad är det som idag begränsar vandrarmusslans utbredning i Vallentunasjön?

Eftersom vandrarmusslan idag finns i Vallentunasjön, om än i synbart begränsat antal, skulle man kunna dra slutsatsen att åtminstone vissa av dess basala behov redan idag tillgodoses. Kemiska faktorer som pH och tillgång på kalcium och magnesium bör vara tillräckliga för musslan i nuläget. Det kan även vara relevant att jämföra Vallentunasjön med den närbelägna sjön Fysingen, där vandrarmusslan i vissa delar förekommer i stora kolonier (Tapper och Lundberg 2006). De båda sjöarna har ett flertal likheter, men också några tydliga skillnader. Båda sjöarna är relativt små (ytarea på 5 respektive 6 kvadratkilometer) och grunda (medeldjup omkring 2 meter). Båda klassas som mycket goda sjöar för både fiske och fågelskådning, och predationstrycket på musslor borde kunna vara av liknande grad från dessa. Vallentunasjön har dock en mycket riklig förekomst av ål som mycket väl skulle kunna äta musslor men inte tvunget eftersom det finns gott om annan föda för den. Vallentunasjön är som tidigare nämnts mycket näringsrik och kraftigt övergödd. Fysingen är också näringsrik, men inte i lika hög grad som Vallentunasjön.

Vad som främst skiljer de båda sjöarna åt är typen av bottnar och strandlinjer. Medan Vallentunasjöns bottnar främst består av mjuka bottnar har Fysingen en större variation och utbud av fastare substrat med klippor, hållar, block, sand och sten av olika storlekar. Det är högst troligt att just bristen på fasta underlag för musslorna att fästa på är den kanske viktigaste orsaken till musslans begränsade utbredning i Vallentunasjön idag. Vandrarmusslan har förmåga att under vissa omständigheter fästa även på mjukare underlag, men eftersom Vallentunasjön dessutom är så pass grund och därmed extra utsatt för störningar från vindar och vågrörelser, är det mycket troligt att detta försvårar för vandrarmusslan att hålla sig kvar på mjukare underlag.

Mycket talar för att vandrarmusslan under idag rådande förhållanden har nått sin maximala utbredning eftersom arten troligtvis har funnits under en lång tid i sjön och fortfarande inte orsakar några större problem. Med detta inte sagt att dess utbredning inte kan förändras om förhållanden i sjön förändras.

Finns det potential att på ett kontrollerat sätt gynna vandrarmusslan för att kunna dra nytta av den i Vallentunasjön?

Om bristen på fästsubstrat är den primära faktorn som idag begränsar musslans utbredning i sjön, borde det vara möjligt att på konstgjord väg erbjuda lämpligt fästsubstrat. Man tillför alltså inte några nya organismer till systemet, utan erbjuder endast underlag som befintliga musslor kan fästa på. Dessa underlag kan till exempel utgöras av rep som hänger ner vertikalt i vattenmassan.

Det borde också finnas möjligheter att i och med detta erbjuda visst skydd mot predatorer, både från ovan (fåglar) och underifrån vattnet (ål och annan fisk). I samband med detta skulle man också kunna samla upp och därmed hindra eventuella nedfallande skal att falla ner och samlas på sjöbotten. Detta är en av de större riskerna som en odling skulle kunna medföra, eftersom vandrarmusslan annars har förmågan att skapa egna fästsubstrat på detta sätt, med risk för att skapa stora förändringar av ekosystemet och morfologin på sjöbotten.

För att ytterligare öka vandrarmusslans möjligheter att etablera sig på de konstgjorda substraten, det vill säga "odlingen", kan man också vidta åtgärder för att minimera inverkan från fysiska störningar från vindar och vågrörelser. Genom att bygga någon typ av buffrande/dämpande skydd kring odlingarna borde man kunna minska dessa störningar. Det skulle också kunna vara möjligt att dessa kan ha en temperaturreglerande effekt och på så vis erbjuda visst skydd mot kyla på vintern. Vallentunasjön hör som tidigare nämnts till en av världens nordligaste förekomster av vandrarmussla och dess nordliga utbredningsgräns kan bero på funktionsbegränsningar i förhållande till låg temperatur. Eftersom sjön är så pass grund

kan den snabbt bli både mycket kall respektive varm, men detta skulle möjligtvis kunna jämnas ut med isolerande respektive skuggande delar inbyggda i odlingen.

Det borde även vara fullt möjligt att kombinera rovdjurshindrande, rörelse/störningsdämpande och temperaturreglerande funktioner kring odlingarna.

4. Risker med utbredning av vandrarmussla i Vallentunasjön

Eftersom vandrarmusslan redan finns i Vallentunasjön finns det redan idag ett flertal risker associerade med den. Denna redogörelse lyfter fram de största riskfaktorerna (som alltså redan idag i viss mån föreligger) och diskuterar hur troligt det är att risken för dessa faktorer skulle förhöjas om man skulle erbjuda musslan artificiellt substrat i sjön (odling).

Risk för spridning till andra vattendrag

Vallentunasjön tillhör ett system med sjöar och vattendrag där vandrarmusslan på flera håll redan förekommer. Troligtvis har den spridits till dessa (liksom till Vallentunasjön) från Mälaren, där arten som sagt har funnits sedan 1920-talet. Vallentunasjöns utlopp är även kopplat till sjöarna Fysingen och Norrviken, där vandrarmusslan redan förekommer i rikliga mängder, troligtvis i större förekomst per ytenhet än i Vallentunasjön.

Vandrarmusslans larver sprids främst nedströms i vattendrag och kan på så sätt ta sig till nya miljöer. Spridningen på detta sätt mellan vattendrag går i praktiken inte att förhindra. Den spridning som sker med hjälp av människan som "transportör" kan däremot minimeras till viss del. Både musslor och larver kan fästa och spridas, inte bara med ballastvatten med fraktfartyg, utan även på vanliga fritidsbåtar och fiskeutrustning.

Risk för okontrollerad och icke önskad spridning i Vallentunasjön och de problem det kan medföra

Det kan föreligga en viss förhöjd risk för ökad utbredning och ökning av antal individer av vandrarmussla även inom Vallentunasjön, även om man bara skulle gynna musslan kontrollerat på tillförda substrat, i och med att den totala mängden individer och därmed potentiellt larver ökar. MacLaughlan and Aldridge (2013) påtalar riskerna med ett ökat antal larver, så kallat *propagule pressure*.

Risk för påväxt och utkonkurrering av inhemska musselarter

Det största problemet vad gäller risk för påväxt och konkurrens med inhemska musselarter är att man i dagsläget inte vet vilka musslor som finns i Vallentunasjön, än mindre deras antal och biomassa. Det tycks inte ha skett inventeringar av varken bottenfauna generellt eller musslor specifikt i sjön.

Risk för ökning av algbloomingar med cyanobakterier

Det finns studier som visar att vandrarmusslan i vissa fall kan ha en gynnande effekt på cyanobakterier gentemot andra växtplankton (Vanderploeg et al. 2001). Detta beror på att musslorna antingen aktivt väljer att inte ta upp vissa typer av cyanobakterier alls, alternativt att de avvisas och släpps ut igen i pseudofeces. Det finns också studier som tyder på motsatsen, att vandrarmusslan kan föredra cyanobakterier framför växtplankton (Pires et al. i Van der Velde et. al 2010, kapitel 32). Giftiga blomningar av cyanobakterier förekommer redan i Vallentunasjön, och en ökning av dessa vore förstås inte önskvärt. De fall som förekommer där man sett en ökning av cyanobakterier efter invasion av vandrarmussla tycks främst inträffa i större sjöar med lägre näringshalt (Raikow et al. 2004).

5. Diskussion och slutsatser

Vandrarmusslan som art har stor potential att kunna bidra med ekosystemtjänster som kan vara önskade i övergödda sjöar. Musslans utbredning medför dock även ett flertal risker som kan vara oönskade och inte självklart vägas upp av ett ökat siktdjup. I Vallentunasjön är ett av de främsta syftena med att få en bättre vattenkvalitet och klarare vatten i sjön att göra den mer attraktiv för bad och rekreation. En okontrollerad utbredning av vandrarmusslan i sjön skulle kunna medföra risker som kan inkräkta på just detta genom påväxt på bryggor och vid badplatser, vilket vore kontraproduktivt.

Vilken framgång vandrarmusslan får i ett ekosystem, både vad gäller utbredning generellt och dess förmåga att skapa klarare vatten, beror på förutsättningarna i just det ekosystemet. Den tydligast begränsande faktorn i Vallentunasjön är bristen på fästsubstrat. Detta i kombination med ett möjligt predationstryck från fisk och fåglar, samt möjligtvis fysiska störningar från vind, vågor och kyla torde vara det som hindrar musslorna från att etablera större bestånd i Vallentunasjön.

Det bör finnas goda möjligheter att på ett kontrollerat sätt gynna, "odla", vandrarmusslan i Vallentunasjön. Genom att erbjuda yteffektiva och för musslan tilltalande fästsubstrat på lämpliga djup, samt skydd mot predatorer och klimatstörningar, borde det vara möjligt att åstadkomma de större kolonier av vandrarmusslor i sjön som skulle behövas för att ge en tillräckligt stor filtreringskapacitet och möjlighet till ett klarare vatten.

Ett antal riskfaktorer bör utredas ytterligare. Riskerna för påväxt på andra stormusslor i sjön bör utredas. Det vore även önskvärt att göra en mer detaljerad uppskattning av hur stora riskerna är för att musslorna skulle kunna börja orsaka problem vid bryggor och badplatser, vilket är ett stort problem på andra platser där musslan finns.

En av de potentiellt största riskerna är att de stora antalen musslor vid odlingarna kan ge upphov till stora mängder musselskal som, nedfallna till botten, kan utnyttjas som fasta substrat och ge upphov till spridning av musslorna även utanför de designerade odlingarna. Detta kan troligtvis motverkas genom att man på något sätt samlar upp de skalrester musslorna i odlingarna ger upphov till.

Oavsett vilka metoder förvaltarna i framtiden beslutar att använda för att minska effekterna av övergödning i Vallentunasjön är det helt avgörande att man har en mycket god kännedom om ekosystemet och de processer som pågår och sambanden mellan dessa. Det finns sällan en universallösning på komplexa problem, och vad gäller övergödningen av Vallentunasjön så bör även tillförseln av näringsämnen utredas och begränsas vidare även om vandrarmusslor skulle kunna tjäna som komplement för att minska effekterna av övergödning.

Min slutsats är att det finns ett antal faktorer i Vallentunasjön som i dagsläget begränsar vandrarmusslans etablering, på gott och ont. Genom att hjälpa musslan att överkomma vissa av dessa "hinder" finns det goda möjligheter för den att utföra filtrerande ekosystemtjänster som skulle kunna minska effekterna av övergödning i sjön. Det återstår bland annat att:

- *Utreda vilken omfattning odlingarna skulle behöva ha för att få tillräcklig effekt*
- *Göra en omfattande riskanalys av hurvuda riskerna för spridning både inom och utom Vallentunasjön potentiellt kan öka vid odling samt*
- *Fastställa vilka säkerhetsåtgärder som skulle behöva vidtas för att minimera dessa risker*
- *Göra en komplett inventering av bottenfaunan med främsta syfte att kartlägga förekomsten av stormusslor*

Min bedömning är att det finns god potential att odla vandrarmussla i Vallentunasjön och för dessa att kunna ha en gynnsam effekt på ekosystemet. En stor del av Vallentunasjöns problem med höga halter av näringsämnen beror till synes på intern belastning från resuspension från bottensediment. Även om insatser för att minska den externa belastningen från omgivande jordbruk och avlopp är viktiga, kvarstår problemen med den interna belastningen. De nuvarande restaureringsåtgärderna genom reduktionsfiske anser jag inte ger tillräckligt goda effekter i sig utan behöver kompletteras med andra åtgärder och metoder.

Reduktionsfisket har haft en god förankring hos fiskerättsägare, och från kommunernas sida har man uppfattat att även allmänheten svarat positivt på de synbara insatser som görs för sjön. Kommunerna Täby och Vallentuna bör ta ansvar för helhetsbilden och kritiskt överväga vilka metoder man väljer att använda sig av baserat mer på kostnader, effekter och resultat än på opinion och allmänhetens uppfattning.

6. Tack

Tack till Henrik Ragnarsson Stabo och Andreas Bryhn, Sveriges Lantbruksuniversitet och Björn Tengelin, Norconsult, för handledning och vägledning.

7. Referenser

Skriftliga referenser

Bernes C., Carpenter S.R., Gårdmark A., Larsson P., Persson L., Skov C., Speed J.D.M., Van Donk E. (2015) What is the influence of a reduction of planktivorous and benthivorous fish on water quality in temperate eutrophic lakes? Systematic review SR3, EviEm, Stockholm.

Bially A. and MacIsaac H.J. (2000) Fouling mussels (*Dreissena* ssp.) colonize soft sediments in Lake Erie and facilitate benthic invertebrates. *Freshwater Biology* 43, 85-97.

Birnbaum C. (2011): NOBANIS – Invasive Alien Species Fact Sheet – *Dreissena polymorpha*. – Från: Online Database of the European Network on Invasive Alien Species – NOBANIS www.nobanis.org, Datum för sökning: 2015-06-22.

Boström B., Pettersson A.K. & Ahlgren I. (1989) Seasonal dynamics of a cyanobacteria-dominated microbial community in surface sediments of a shallow, eutrophic lake. *Aquatic Sciences* 51, Issue 2, 153-178.

Brunberg A-K. & Boström B. (1992) Coupling between benthic biomass of *Microcystis* and phosphorus release from the sediments of a highly eutrophic lake. *Hydrobiologia* 235/236, 375-385.

Burlakova L.E, Karatayev A.Y, Padilla D.K (2006) Changes in the distribution and abundance of *Dreissena polymorpha* within lakes through time. *Hydrobiologia* 571, 133-146.

Bykova O., Laursen A., Bostan V., Bautista J., McCarthy L. (2006) Do zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) alter lake chemistry in a way that favours *Microcystis* growth? Science of the Total Environment 371, 362-372.

Casagrandi R., Mari L., Gatto M. (2007) Modelling the local dynamics of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*). Freshwater Biology 52, 1223-1238.

Cazzanelli M., Warming T.P., Christoffersen K.S. (2008) Emergent and floating-leaved macrophytes as refuge for zooplankton in a eutrophic temperate lake without submerged vegetation. Hydrobiologia 605, 113-122.

Cha Y., Stow A.S., Bernhardt E.S (2013) Impacts of dreissenid mussel invasions on chlorophyll and total phosphorus in 25 lakes in the USA. Freshwater Biology 58, 192-206.

Goedkoop W, Naddafi R., Grandin U. (2011) Retention of N and P by zebra mussels (*Dreissena polymorpha* Pallas) and its quantitative role in the nutrient budget of eutrophic Lake Ekoln, Sweden. Biol Invasions 13, 1077-1086.

Greene S., McElarney Y.R., Taylor D. (2015) Water quality effects following establishment of the invasive *Dreissena polymorpha* (Pallas) in a shallow eutrophic lake: implications for pollution mitigation measures. Hydrobiologia 743, 237-253.

Gulati R.D., Pires L.M.D., Van Donk E. (2008) Lake restoration studies: Failures, bottlenecks and prospects of new ecotechnological measures. Limnologica 38, 233-247.

Gulati R.D, van Donk E. (2002) Lakes in the Netherlands, their origin, eutrophication and restoration: state-of-the-art review. Hydrobiologia 478, 73-106.

Gustafsson A., Rydin E. (2015) Vattenkvalitet och plankton i Vallentunasjön 2014, utvärdering av effekter av biomanipulering och historisk återblick. Naturvatten i Roslagen 2015.

Hallstan S., Grandin U., Goedkoop W. (2010) Current and modeled potential distribution of the zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) in Sweden. Biol Invasions 12, 285-296.

Higgins S.N., Vander Zanden M.J. (2010) What a difference a species makes: a meta-analysis of dreissenid mussel impacts on freshwater ecosystems. Ecological Monographs 80, 179-196.

Higgins S.N., Vander Zanden M.J., Joppa L.N., Vadeboncoeur Y. (2011) The effect of dreissenid invasions on chlorophyll and the chlorophyll:total phosphorus ratio in north-temperate lakes. Can. J. Fish. Aquatic. Sci. 68, 319-329.

Karatayev A.Y., Burlakova L.E., Padilla D.K. (2002) Impacts of zebra mussels on aquatic communities and their role as ecosystem engineers. Invasive Aquatic Species of Europe, 433-446.

Karatayev A.Y., Burlakova L.E., Mastitsky S.E., Padilla D.K. (2015) The spread of aquatic invaders: insight from 200 years of invasion by zebra mussels. Ecological Applications 25, 430-440.

Lindahl O., Hart R., Hernroth B., Kollberg S., Loo L-O., Olrog L., Rehnstam-Holm A-S., Svensson J., Svensson S., Syversen U. (2005) Improving marine water quality by mussel farming: A profitable solution for Swedish society. AMBIO: A journal of the Human Environment. Mar 2005. 131-138

McLaughlan C., Aldridge D.C. (2013) Cultivation of zebra mussels (*Dreissena polymorpha*) within their invaded range to improve water quality in reservoirs. Water Research 47, 4357-4369.

Naddafi R., Blenckner T., Eklöv P., Pettersson K. (2011) Physical and chemical properties determine zebra mussel invasion success in lakes. *Hydrobiologia* 669, 227-236.

Oxunda vattenvård (2006). Åtgärdsplan för biologisk mångfald inom Oxundaåns avrinningsområde. Regionplane- och trafikkontoret Stockholms län Rapport 2006:1.

Raikow D.F., Sarnelle O., Wilson A.E., Hamilton S.K. (2004) Dominance of the noxious cyanobacterium *Microcystis aeruginosa* in low-nutrient lakes is associated with exotic zebra mussels. *Limnol. Oceanogr.* 49, 482-487

Tapper J. och Lundberg S. (2006) Inventering av stormusslor i Fysingen, 2005. PM från Naturhistoriska riksmuseet 2006:3.

Tengelin B. (2010) Konsekvensanalys för biomanipulation av Vallentunasjön. Structor miljöteknik 2010.

Tengelin B. (2015) Biomanipuleringsprojektet i Vallentunasjön, verksamhetsåren 2010-2014. Norconsult 2015.

Vanderploeg H.A., Liebig J.R., Carmichael W.W., Agy M.A., Johengen T.H., Fahnenstiel G.L., Nalepa T.F. (2001) Zebra mussel (*Dreissena polymorpha*) selective filtration promoted toxic *Microcystis* blooms in Saginaw Bay (Lake Huron) and Lake Erie. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* 58, 1208-1221.

van der Velde G., Rajagopal S., bij de Vaate A. (2010) The Zebra Mussel in Europe, 331-372. Backhuys Publishers, Leiden, The Netherlands.

van Donk E. and van de Bund W. (2006) Impact of submerged macrophytes including charophytes on phyto- and zooplankton communities: allelopathy versus other mechanisms. *Aquatic Botany* 72, 261-274.

Vatteninformationssystem Sverige, VISS, 2015. www.viss.lansstyrelsen.se, sökning: Vallentunasjön. Datum för sökning: 2015-06-22.

Personlig kommunikation

Björn Tengelin, Norconsult

Sören Edfjäll, Täby kommun

Anna Gustafsson, Naturvatten

Stefan Lundberg, Naturhistoriska riksmuseet

Claudia von Brömssen, Biostokastikum SLU